

課題番号 43

運動感覚性ワーキングメモリに言語的符号化 および加齢が及ぼす影響

[1] 組織

代表者：田中 尚文
(帝京大学ちば総合医療センター)

対応者：杉浦 元亮
(東北大学加齢医学研究所)

分担者：
柴田 大輔 (帝京大学ちば総合医療センター)
轟木 まみ (帝京大学ちば総合医療センター)
須藤 珠水 (東北大学医工学研究科)
鈴嶋 よしみ (東北大学医学系研究科)

研究費：物件費 40,200 円，旅費 109,800 円

[2] 研究経過

ワーキングメモリはリハビリテーション医療において運動学習能力に関与する主要な認知ドメインの一つである。療法士が患者の運動学習を促すために言語情報や視覚情報だけでなく、運動感覚情報も用いて患者に教示やフィードバックを与えている。運動に関する感覚情報としては視覚情報と運動感覚情報が挙げられ、それぞれの感覚情報を扱うワーキングメモリが存在すると想定される (図 1)。

現在広く支持されているワーキングメモリの概念モデル (e.g. Baddeley et al., 2009) には言語性ワーキングメモリと視空間性ワーキングメモリがサブシステムとして繰り込まれている。この概念モデルを運動に関する感覚情報を扱うワーキングメモリにあ

てはめると、視覚情報を扱うワーキングメモリ (視覚性ワーキングメモリ) は視空間性ワーキングメモリに相当すると考えられるが、運動感覚情報を扱うワーキングメモリ (運動感覚性ワーキングメモリ) の位置づけは明確ではない。また、運動学習の際に教示する視覚情報の言語的符号化が有用であることは報告されているが、運動感覚情報の言語的符号化の有用性や加齢が及ぼす影響について検討した報告は見あたらない。本研究の目的は、運動感覚性ワーキングメモリにおける言語的符号化の脳内機構の変容とその加齢変化を機能的 MRI 実験により明らかにすることである。

以下、研究活動状況の概要を記す。

われわれは、運動シーケンスに関する視覚性情報および運動感覚性情報を再認する遅延マッチング課題を考案し、符号化 (encoding) 時に被験者が言語符号化を利用しないように構音抑制を課し、保持 (maintenance) 時の機能的 MRI データを解析する研究プロトコルを立案した (図 2)。

運動感覚性ワーキングメモリの遅延マッチング課題では、被験者の右上肢を実験者が動かして、運動シーケンスを教示して被験者に記憶させた後に、実験者が再び被験者の右上肢を動かし、その運動シーケンスが記憶した順番と一致/不一致していたが判別し、左手でボタンを押して回答することとした。運動シーケンスは上肢の 7 つの単関節運動で構成した。本課題実施中に被験者が自分の右上肢を見ることができないように設定した。符号化時には、

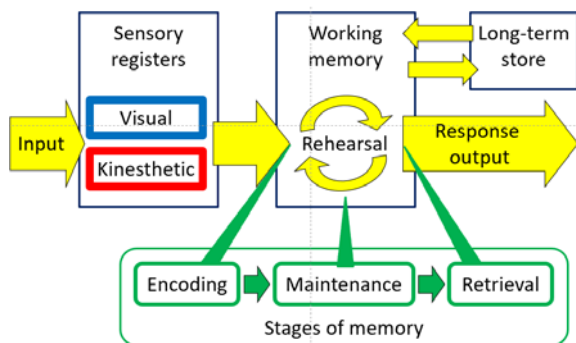


図 1. 運動に関する感覚情報を扱うワーキングメモリの概念図

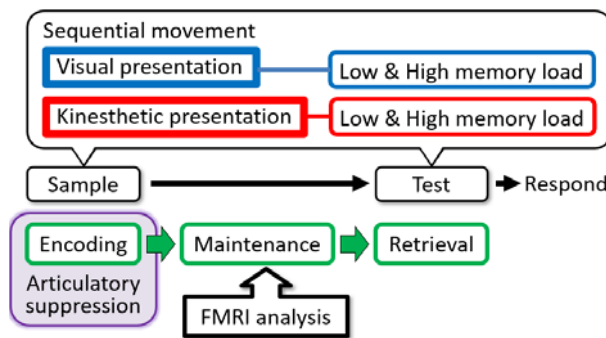


図 2. 遅延マッチング課題 1 題あたりの機能的 MRI 実験プロトコル

被験者には声を出さずに「あいうえお」を繰り返し想起する構音抑制を課すこととした。

視覚性ワーキングメモリの遅延マッチング課題では、被験者に運動シークエンスを動画で出題し、構音抑制と回答は上記と同様に行うこととした。

この研究プロトコルについて議論するため、受け入れ教員と対面打ち合わせを2019年5月7日、9月9日、10月7日、2020年2月25日に加齢医学研究所スマート・エイジング棟にて実施した。その際の議論をもとに、運動シークエンスを構成する運動数、すなわち、機能的MRI実験に用いる大小二つの記憶負荷（memory load）量を決定するため、行動実験を重ね、機能的MRI実験のプロトコルを完成させた。そして、健常若年者を対象としたfMRI実験について、東北大学大学院医学系研究科倫理委員会の倫理委員会に倫理審査を申請し、承認を得た。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

健常若年者8人（年齢 24 ± 2 歳、女性4人）を対象として、運動に関するワーキングメモリ課題に構音抑制を課して記憶負荷量を検討した。本課題は被験者が教示された右上肢の運動を再認し、その正誤を回答する課題である。運動課題の教示方法は被験者に動画を見せて視覚的に教示する方法と視覚遮断下の被験者の上肢を実験者が徒手で他動的に動かして教示する方法の2条件とし、再認方法は教示方法に一致させた。つまり、教示-再認方法は、視覚情報の教示-視覚情報の再認の視覚性条件と運動感覚情報の教示-運動感覚情報の再認の運動感覚性条件の2条件とした。

検討する記憶負荷量は2~5個とし、それぞれの記憶負荷量、つまり、運動シークエンスを構成する運動の個数毎に10題作成した。教示時と再認時に提示した運動シークエンスが一致する5題と一致しない5題をランダム順に出題し、被験者に再認課題が

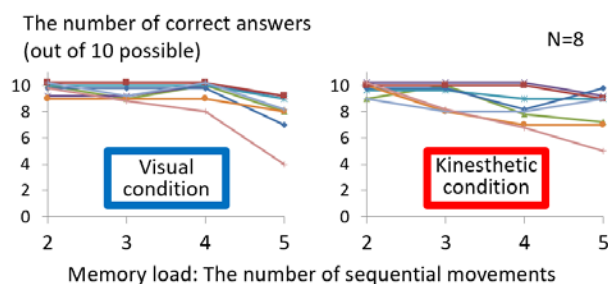


図2. 視覚性および運動感覚性ワーキングメモリ課題の記憶負荷量別の正答数

教示課題と一致あるいは不一致していたかを左手でボタンを押して回答するように指示した。その際、教示終了から再認開始までと回答から教示開始までの時間間隔をジッターリングさせた。視覚性および運動感覚性条件の施行順はカウンターバランスを取って被験者毎に設定し、順序効果を統制した。3~5個の記憶負荷量の課題正答数と2個の記憶負荷量の課題正答数との比較には、Wilcoxon符号付き順位検定およびBonferroni補正を用い、有意水準は0.05とした。

その結果、各被験者の正答率は、視覚性条件では記憶負荷量が2、3、4個であれば、運動感覚性条件では記憶負荷量が2と3個であれば、ほぼ100%であった（図2）。視覚性および運動感覚性課題のどちらにおいても、3~5個の記憶負荷量の各課題正答数は2個の記憶負荷量の課題正答数との間に明らかな有意差を認めなかった。実験後に被験者に対して実験中に言語符号化を利用したかについてアンケートを行ったところ、8人の被験者のうち6人は実験当初から言語符号化を使用していなかったと回答した。残りの2人は、最初の課題提示条件で3個の記憶負荷量の課題前半までには言語符号化の利用を中止したと回答した。したがって、今回課した構音抑制は被験者の言語符号化を十分に阻止したと考えられた。

以上の行動実験の結果より、機能的MRI実験において実施する運動に関するワーキングメモリ課題の記憶負荷量が小さい課題と大きい課題は、1題あたりの運動数をそれぞれ2個と4個とすることが妥当と考えられた。

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究により、運動感覚性ワーキングメモリにおける言語的符号化の有用性やその脳内機構の加齢による変化が神経科学的に明らかとなることが期待される。リハビリテーション医療においては、高齢脳損傷者に運動学習を促す際に教示する運動感覚情報の言語符号化を徹底する新たな運動学習法や運動学習時に治療的非侵襲脳刺激を用いる新たな治療方略の開発につながる成果が得られると考えられる。さらには、ヒトの身体図式の神経基盤における運動感覚情報の言語符号化の有用性について新たな視座を得ることが期待される。

[4] 成果資料

2019年度には、成果発表を行っていない。